

УДК 39+728.03+528.44  
DOI: 10.17223/19988613/65/17

А.Ю. Майничева, В.В. Талапов

## ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: «УМНЫЕ ПАМЯТНИКИ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА»

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №18-09-00469А «Новые методы в этнографии в информационную эпоху: оценка итогов и перспектив использования для исследования материальной культуры».*

Работа посвящена применению технологии информационного моделирования к объектам деревянного зодчества как элементам геоинформационных систем. На примере Спасской церкви из Зашиверска, расположенной в Историко-архитектурном музее ИАЭТ СО РАН, впервые поставлен вопрос о доведении таких объектов до уровня «умных» средствами BIM. Вводится новый термин «умный памятник деревянного зодчества», под которым понимается этнографически и исторически значимое здание или сооружение с системой информационного мониторинга, учитывающей изменения параметров его состояния.

**Ключевые слова:** памятник архитектуры; информационное моделирование; BIM; деревянное зодчество; «умный памятник деревянного зодчества»; Спасская церковь из Зашиверска.

Технология BIM информационного моделирования зданий [1, 2] является новым и весьма перспективным направлением в развитии этнографии. В одной из своих статей В.В. Талапов показал общую схему информационной модели памятника архитектуры [3], которая подходит для любых этнографических объектов – от крупноразмерных до миниатюрных. Информационные модели таких объектов вместе с прилегающей к ним территорией становятся первичными элементами, из которых формируется земельно-информационная система (ЗИС), входящая составной частью в более общую геоинформационную систему (ГИС).

Опыт применения технологии BIM к этнографически и исторически значимым зданиям и сооружениям, которые в дальнейшем будут упрощенно называться памятниками деревянного зодчества, говорит о целесообразности выделения объектов деревянного зодчества в отдельную категорию, для которой требуются только ей присущие методы моделирования, связанные как с историческими и техническими особенностями построения деревянных зданий на основе библиотек традиционных составных элементов [4], так и с необходимостью учета всех параметров элементов сооружения при исследовании, паспортизации, эксплуатации и реставрации [5]. Деревянные сооружения менее долговечны, чем каменные, поскольку их основной материал, древесина, подвержен воздействию огня, грибковых культур, лишайников, насекомых и пр. Прогнозирование их состояния требует проведения полного, постоянного и достаточно специфического мониторинга, но возникающий объем и своевременность такой работы, в том числе анализ получаемой информации, сложно обеспечить без средств информационного моделирования [7, 8].

Этнографические исследования зданий и сооружений, выявление их значимости, типичности, особенностей часто являются начальным этапом их постановки на учет как памятников архитектуры, истории и куль-

туры. Далеко не все архитектурные объекты официально получают статус памятников, оставаясь вместе с тем интересными, а порой и уникальными этнографическими артефактами, важными для понимания традиционной культуры.

В статье впервые поставлена задача рассмотреть возможности применения технологии информационного моделирования BIM для сохранения и обслуживания деревянных построек на примере Спасской церкви из Зашиверска (1700) с колокольной, памятника архитектуры федерального значения, расположенного на территории Историко-архитектурного музея Института археологии и этнографии СО РАН. За основу подхода к обслуживанию памятников деревянного зодчества была взята методика, разработанная в музее-заповеднике «Кижи» [6], включающая мониторинг состояния памятников, а также общепрофилактические и консервационные мероприятия. Ее выбор для выявления этнографически значимых архитектурных объектов, которые при появлении у них цифрового двойника в виде информационной модели условно можно назвать «умными памятниками», обоснован тем, что она аккумулирует современные достижения музееведения и реставрации по сохранению объектов культурного наследия, была апробирована и показала свою эффективность.

В мировой практике термин «умный» (smart) применительно к отдельным зданиям или даже населенным пунктам (городам) появился у разных авторов примерно в 2007 г. [9], т.е. сравнительно недавно. Поэтому наполнение этого термина многократно менялось, да и сейчас существует несколько его толкований. Термин «умный», уже устоявшийся в специальной литературе на русском языке, не совсем точно отражает суть понятия, более правильно было бы говорить об «интеллектуальном» или «думающем» объекте.

Если же перейти к содержанию понятия, то, согласно подходу, изложенному в [9], которого мы будем придерживаться, под «умным» объектом или городом понимается объект с такой системой управления (мониторинга), которая позволяет своевременно и эффективно на основе актуальных данных решать возникающие в процессе работы с этим объектом проблемы. Такое управление предполагает как наличие системы (механизма) сбора, в том числе интерактивного, так и анализ информации об объекте и осуществляется на основе информационной модели, которая уже на стадии формирования может и должна наделяться восприимчивостью к изменяемым параметрам. Ранее авторам уже приходилось показывать преимущества создания в информационной среде «умных», или «интеллектуальных», бревен для создания приближенной к реальности модели деревянного здания с множеством однотипных, но уникальных по размерам и другим параметрам элементов [5]. Сейчас же речь пойдет об «интеллектуализации» модели всего памятника.

Информационная модель Спасской церкви из Зашиверска была создана в 2010 г. сотрудниками отдела музееведения ИАЭТ СО РАН при участии В.В. Талапова и Т.И. Козловой по натурным обмерам и чертежам, разработанным для сборки этого памятника деревянного зодчества на музейной площадке институтом «Спецпроектреставрация» (Москва) в 1980 г. Модель строилась поэлементно, с выделением конструкций и деталей срубов (бревен, дверных и оконных косяков и пр.), пола и потолка, кровель, главок, крыльца и пр., что позволило вести раздельный мониторинг их состояния. Был сохранен один из основополагающих прин-

ципов информационного моделирования – модель не только показывала изображение постройки, но также описывала состояние конструкций и деталей здания и давала возможность последующей корректировки данных по результатам регулярных обследований. Все это оказалось существенным для основных видов обслуживания памятников деревянного зодчества, поскольку для них требуются профилактические мероприятия, мониторинг технического состояния, консервационные мероприятия.

**Профилактические мероприятия**, согласно [6], могут быть: регулярными, выполняемыми с определенной периодичностью; сезонными, проведение которых определяется временем года и местными климатическими условиями; консервационными; ремонтными, выполняемыми в зависимости от технического состояния объекта. Опыт проведения профилактических работ на Спасской церкви из Зашиверска показал, что для всех мероприятий, кроме самой их качественной реализации, важна четкая фиксация временного графика и результатов их выполнения по каждому элементу здания, а также возможность анализа проделанной работы и определение графика и содержания профилактических мероприятий на будущее. С такой задачей хорошо справляется обычная (поэлементная или сделанная на основе модели реальности) информационная модель (рис. 1) с привязкой к каждому элементу или их группам информации уровня электронных таблиц, содержащей временные графики по всем периодам профилактики, описание результатов проделанной работы, сравнительный анализ результатов и т.п. [3].



Рис. 1. Общая схема информационной модели архитектурного объекта

Вместе с тем часть профилактических мероприятий, например устранение конструктивных просадок и деформаций и регулирование внутреннего микроклимата, требует ряда существенных уточнений модели.

*Устранение просадок и деформаций* в конструкции здания. Определение конструктивных трансформаций

требуется вести не «на глаз», а с помощью регулярных съемок объекта и автоматизированного сравнения актуальной геометрической модели (облака точек) с данными более ранних построений. Исследование состояния конструкций Спасской церкви из Зашиверска и колокольни проводилось ежегодно после таяния снега,

в апреле–мае, и после окончания летнего сезона, в октябре – начале ноября, с помощью геодезических приборов. В 2017 г. впервые были выполнены лазерное сканирование и фотограмметрия здания церкви, что позволило значительно повысить точность снимаемых показателей и создало основу для автоматизированного сравнения состояния конструкций. Было установлено, что в общей структуре информационной модели объекта должна появиться серия локальных моделей реальности, полученных средствами информационных технологий, с временной фиксацией и инструментарием автоматизированного определения отклонений состояния. Кроме того, само устранение просадок и деформаций предполагало внесение изменений, уточнений и дополнений в основную геометрически-информационную часть.

К работам по *регулированию внутреннего микроклимата* относится «обычное» проветривание. Но тут важно понимать, насколько появляющиеся при проветривании в здании воздушные потоки обеспечивают решение поставленной задачи. Другими словами, надо иметь модель сооружения с возникающими потоками воздуха, возможностью их анализа и выработки рекомендаций по управлению. Для этих целей нужна специальная (исследовательская, согласно терминологии [1]) модель, упрощенная по отношению к поэлементной модели, но содержащая дополнительные функции и данные по микроклимату в здании. Эта модель должна входить в основную геометрически-информационную часть общей модели этнографического объекта.

**Мониторинг технического состояния** включает в себя наружный осмотр, инспектирование внутренних помещений, обследование кровель, ведение базы данных наблюдений. Для их реализации информационная модель объекта, выполненная по общей схеме [3], требует соблюдения некоторых дополнительных особенностей моделирования.

Для оценки *общей прочности здания* нужно создать специальную исследовательскую модель его каркаса с возможностью анализа конструкции на прочность при ветровых и иных нагрузках, которую можно совместить с описанной ранее моделью для вентиляции помещений.

Для *мониторинга биологических разрушений древесины* модель, построенную по общей схеме, следует уточнить данными периодической фотофиксации зон поражения объекта различными грибами и насекомыми для определения новых очагов поражения и оценки эффективности решения возникающих задач.

*Индивидуальный мониторинг влажности* деревянных элементов предполагает наблюдение за графиком их высыхания после дождя и на сегодняшний день является одним из самых эффективных способов определения заражения этих элементов дереворазрушающими насекомыми. Такой подход предполагает индивидуальный для каждого элемента сбор информации о его влажности с установленным интервалом времени, хранение массивов этих данных за разные периоды наблюдений и их автоматизированный анализ с обозначением элементов, график высыхания ко-

торых начал отклоняться от нормы. Поскольку подобные действия предполагают большой объем постоянно собираемой и обрабатываемой информации, то возникает необходимость вести сбор показателей влажности через специальные датчики, установленные на каждом первичном деревянном элементе здания, иметь автоматизированное поступление этих данных в модель, а также добавленный к модели блок постоянного анализа собранной информации. Работы по мониторингу влажности конструкций Спасской церкви из Зашиверска и колокольни показали, что выполнение их «вручную», без соответствующего оборудования, характеризуется трудоемкостью и неточностью, что не позволяет оперативно реагировать на возникающие неполадки. Кроме того, индивидуальный (поэлементный) мониторинг влажности должен осуществляться в очень короткий промежуток времени, определяемый скоростью высыхания деревянных компонентов сооружения, причем сразу по всему памятнику деревянного зодчества. Использование для этого информационной модели с датчиками влажности, контроллером сбора данных и блоком анализа результатов наблюдений позволяет осуществлять такую работу быстро, качественно и минимальными людскими ресурсами.

**Консервационные мероприятия** включают в себя ремонт фундамента и элементов сруба, ремонт и герметизацию кровель, снижение активности биоразрушителей древесины. Основные ремонтные работы предполагают проекты разного уровня сложности с внесением соответствующих изменений и дополнений в существующую модель памятника. Следует подчеркнуть необходимость четкой фиксации в информационной модели проводимых мероприятий и их результатов.

Многолетняя работа по обслуживанию Спасской церкви из Зашиверска дала возможность констатировать, что выполненная по общей схеме [3] информационная модель памятника деревянного зодчества в целом пригодна для работы с объектом, но требует некоторых обязательных дополнений в виде:

1) специализированного блока выявления и анализа деформаций объекта через регулярное обновление (уточнение) модели реальности средствами лазерного сканирования или фотограмметрии;

2) появления в основной геометрически-информационной части исследовательской модели для анализа прочностных и газодинамических характеристик здания;

3) блока автоматизированного сбора и анализа поэлементной информации о влажности через датчики и специальные контроллеры;

4) блока сбора и анализа информации по биологическому разрушению древесины, использующего регулярную фотофиксацию элементов сооружения.

Схематически это показано на рис. 2. Уточнение общей схемы информационной модели позволило добавлять к элементам модели данные, необходимые для сравнения и оценки прочностных характеристик сооружения, что поднимает памятник деревянного зодчества до уровня «умного» (рис. 3).

## Специфика информационной модели для памятника деревянного зодчества



Рис. 2. Дополнения к общей схеме информационной модели архитектурного объекта в случае, когда он является памятником деревянного зодчества



Рис. 3. Схема информационной модели «умного» памятника деревянного зодчества

Таким образом, на примере работ по обслуживанию памятника архитектуры федерального значения Спасской церкви из Зашиверска в Историко-архитектурном музее ИАЭТ СО РАН можно заключить, что создание информационной модели с предложенными в статье дополнениями и уточнениями – это путь к новой стадии информатизации работы с этнографическими объектами, памятниками истории и архитектуры, который гарантированно выводит исследуемое и сохраняемое здание или сооружение с прилегающей территорией на уровень «умного».

Статус «умного памятника деревянной архитектуры» органично вписывает его в общую геоинформационную систему [10]. Ясность структуры и эффективность модели позволяют распространить опыт ее создания на работу с прочими объектами культурного наследия. Информационное моделирование расширяет

методологическую базу этнографии, заставляя по-новому взглянуть на практическое применение результатов этнографических исследований для работы со значимыми, но не имеющими официального статуса объектами. Фактически этнография, становясь одним из значимых пользователей геоинформационной системы, могла бы взять на себя роль аккумулятора информации, которая не только характеризует объект в момент его исследования, но и позволяет наблюдать за ним на протяжении длительного времени, что обеспечивает обоснование рекомендаций по его сохранности. Так будет заполнена лакуна между выявлением значимого в культурном смысле объекта, что обеспечивают этнографические исследования, и присвоением ему официального статуса памятника, когда с ним начинают работать музейщики, музейеведы, реставраторы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. М. : ДМК-пресс, 2015. 410 с.
2. Брайан П., Антонопулу С. BIM для культурного наследия. М. : Издательские решения, 2019. 106 с.
3. Талапов В.В. О некоторых закономерностях и особенностях информационного моделирования памятников архитектуры // АМИТ : междунар. электрон. науч.-образовательный журнал. 2015. Вып. 2 (31). URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/talapov/abstract.php> (дата обращения: 12.09.2019).
4. Майничева А.Ю., Талапов В.В., Чжан Гуаньин. Принципы информационного моделирования недвижимых объектов культурного наследия (на примере деревянных буддийских храмов) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2017. Т. 45, № 2. С. 142–148.
5. Майничева А.Ю., Талапов В.В., Куликова С.О. Новый подход к сохранению памятников русского деревянного зодчества: применение технологии BIM // Уральский исторический вестник. 2018. № 1 (58). С. 136–141.
6. Любимцев А.Ю., Кистерная М.В. Система комплексного профилактического обслуживания памятников деревянного зодчества. Петрозаводск : Изд. центр музея-заповедника «Кижы», 2016. 71 с.
7. Козлова Т.И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике // Вестник Томского государственного университета. История. 2013. № 3 (23). С. 33–37.
8. Аникиева С.О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2014. № 1 (13). С. 31–36.
9. Kohno M. Latest landscape of smart cities in the West. Kindle, 2017. 112 p.
10. Талапов В.В., Таныгина Е.А. Об общей схеме информационной модели объекта недвижимости // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2018. Т. 23, №2. С. 211–218.

*Anna Yu. Mainicheva*, Institute of Archeology and Ethnography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts (Novosibirsk, Russia). E-mail: [annmaini@gmail.com](mailto:annmaini@gmail.com)

*Vladimir V. Talapov*, Siberian State University of Geosystems and Technologies (Novosibirsk, Russia). E-mail: [talapoff@yandex.ru](mailto:talapoff@yandex.ru)

#### INFORMATION MODELING OF BUILDINGS AND STRUCTURES: “SMART MONUMENTS OF WOODEN ARCHITECTURE”

**Keywords:** architectural monument, information modeling, BIM, wooden architecture, “smart monument of wooden architecture”.

The experience of applying BIM technology to ethnographically and historically significant buildings and structures suggests the appropriateness of distinguishing objects of wooden architecture in a separate category, which requires only its inherent modeling methods related to both the historical and technical features of wooden buildings based on libraries of traditional composite elements, and with the need to take into account all the parameters of the elements of the structure during research, certification, operation and restoration. Information models of such objects, together with the territory adjacent to them, become the primary elements from which the land information system is formed, which is part of a more general geographic information system.

Novelty of the task of the article is to consider the possibilities of applying BIM information modeling technology for the conservation and maintenance of wooden buildings and structures. The authors of the article use the technique developed by experts at the Kizhi Museum as the basis for identifying approaches to creating information models of ethnographically significant architectural objects, which can conditionally be called “smart monuments of wooden architecture”.

The main types of services for architectural objects include regular preventive measures, monitoring of technical condition, conservation measures. It is important to clearly fix the time schedule and the results of their implementation for each element of the building, as well as the ability to analyze the work done and determine the schedule and content of preventive measures for the future. The ordinary information model can do this task well but demands some mandatory additions, such as the appearance of analysis of the strength and gas-dynamic characteristics of the building; a unit for automated collection of element-wise information through sensors and special controllers; a unit for analyzing collected information for making specific decisions.

Information modeling is a way to a new level of informatization of work with ethnographic objects, historical and architectural monuments, which takes the studied or preserved building or structure to the “smart” level, and also expands the ethnographic methodological base, forcing a new look at the practical application of ethnographic research results to work with significant, but not having an official status of objects. Ethnography could take on the role of a storage of information, which not only characterizes the object at the time of its research, but also allows to observe it for a long time, which provides the basis for recommendations on its safety. Thus, a gap will be filled between the identification of a culturally significant object, which is provided by ethnographic research, and the assignment of the official status of a monument to it, when museum workers, museum researchers, and restorers begin to work.

## REFERENCES

1. Talapov, V.V. (2015) *Tekhnologiya BIM: sut' i osnovy vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [BIM technology: the essence and fundamentals of the implementation of building information modeling]. Moscow: DMK-press.
2. Brian, P. & Antonopoulou, S. (2019) *BIM dlya kul'turnogo naslediya* [BIM for Cultural Heritage]. Moscow: Izdatel'skie resheniya.
3. Talapov, V.V. (2015) O nekotorykh zakonmernostyakh i osobennostyakh informatsionnogo modelirovaniya pamyatnikov arkhitektury [On some patterns and features of information modeling of architectural monuments]. *AMIT*. 2(31). [Online] Available from: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/talapov/abstract.php> (Accessed: 12th September 2019).
4. Maynischeva, A.Yu., Talapov, V.V. & Zhang Guanyin. (2017) Principles of the Information Modeling of Cultural Heritage Objects: The Case of Wooden Buddhist Temples. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii*. 45(2). pp. 142–148. (In Russian). DOI: 10.17746/1563-0102.2017.45.2.142-148
5. Maynischeva, A.Yu., Talapov, V.V. & Kulikova, S.O. (2018) New approach towards the preservation of the Russian wooden architecture: the use of BIM technology. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik – Ural Historical Journal*. 1(58). pp. 136–141. (In Russian).
6. Lyubimtsev, A.Yu. & Kisternaya, M.V. (2016) *Sistema kompleksnogo profilakticheskogo obsluzhivaniya pamyatnikov derevyannogo zochestva* [The system of comprehensive preventive maintenance of wooden architecture monuments]. Petrozavodsk: Kizhi.
7. Kozlova, T.I. (2013) The information model of a real object of cultural heritage as a new tool to work museumification practice. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya – Tomsk State University Journal of History*. 3(23). pp. 33–37. (In Russian).
8. Anikeeva, S.O. (2014) Experience using BIM technology for museification wooden architectural monuments. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Kul'turologiya i iskusstvovedenie – Tomsk State University Journal of Cultural Studies and Art History*. 1(13). pp. 31–36. (In Russian).
9. Kohno, M. (2017) *Latest landscape of smart cities in the West*. Michi Creative City Designers Inc..
10. Talapov, V.V. & Tanygina, E.A. (2018) Ob obshchey skheme informatsionnoy modeli ob"ekta nedvizhimosti [On the general scheme of a real estate object information model]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologiy – Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 23(2). pp. 211–218.